

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-258052

(43)Date of publication of application : 29.09.1998

(51)Int.Cl.

A61B 8/00  
G01S 3/805  
G01S 13/89

(21)Application number : 09-063235

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 17.03.1997

(72)Inventor : WATANABE KAZUHIRO  
SHINAMI AKIRA

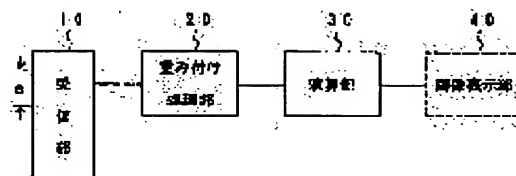
## (54) WAVE RECEIVING APPARATUS AND ULTRASONIC DIAGNOSTIC APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve special resolution by a method wherein weighting processing is performed to a received signal obtd. by a receiver and based on a plurality of weighted received signals, transmitting direction of wave which reached an aperture or position of a wave source forming waves is obtd.

SOLUTION: A receiving part 10 of an ultrasonic diagnostic apparatus receives wave which reached a specified aperture a accompanied with the potential information in the aperture and weighting processing is performed to the received signal received by means of a receiver 10 by using a plurality kinds of weighting functions with the position in the aperture a as a variable in a weighting processing part 20. Then, in an operational part 30, based on a plurality of weighted received signals obtd. by weighting processing in the weighting processing part 20, the transmitting direction of the wave which reached the aperture (a) or the position of the wave which generated the wave is obtd.

e.g. by an operation obtaining the ratio of a plurality of weighted received signals each other. In addition, an image based on the formed image signals is displayed on an image displaying part 40.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-258052

(43)公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

G 0 1 S 3/805

G 0 1 S 3/805

13/89

13/89

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-63235

(22)出願日 平成9年(1997) 3月17日

(71)出願人 00005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 渡辺 一宏

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 司波 章

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

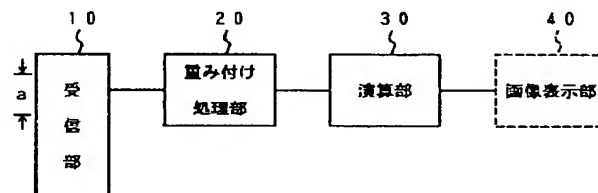
(74)代理人 弁理士 山田 正紀

(54)【発明の名称】 波動受信装置および超音波診断装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、音波（超音波および振動を含む）、電磁波（電波）等の波動を受信して処理する波動受信装置、およびその波動受信装置の1つの適用分野である超音波診断装置に関し、走査することなく、波源の方向や位置を検出し、あるいは従来よりも空間分解能を向上させる。

【解決手段】開口a内に達した波動をその開口内の位置の情報に伴って受信する受信器10と、受信器10で得られた受信信号を、開口内の位置を変数とする複数種類の重みづけ関数それぞれで重みづけ処理を行なう重み付け処理部20と、重み付け処理部20における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、開口aに達した波動の伝播方向、もしくはその波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なう演算部30とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の開口内に達した波動を該開口内の位置の情報に伴って受信する受信器と、  
該受信器で得られた受信信号を、前記開口内の位置を変数とする複数種類の重みづけ関数それぞれで重みづけ処理を行なう重み付け処理部と、  
該重み付け処理部における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、前記開口に達した波動の伝播方向、もしくは該波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なう演算部とを備えたことを特徴とする波動受信装置。

【請求項2】 前記重み付け処理部が、前記開口内の位置を変数とする偶関数および奇関数それぞれで重み付け処理を行なうものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

【請求項3】 前記重み付け処理部が、前記開口内の位置を変数とする第1の関数、および該第1の関数が該変数で $n$ 階微分( $n$ は1以上の正の整数)された第2の関数それぞれで重み付け処理を行なうものであることを特徴とする波動受信装置。

【請求項4】 前記演算部が、前記複数の重み付け受信信号どうしの比を求める演算を含む演算を行なうものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

【請求項5】 前記演算部が、前記複数の重み付け受信信号のうちの1つの重み付け受信信号により得られる受信視野角よりも狭い受信視野角を得る演算を含む演算を行なうものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

【請求項6】 前記受信部が、空間的に相互に一部分どうしが重複することが許容された、位置が順次に異なる複数の開口について、時間的に順次もしくは同時に、これら複数の開口内に達した波動を受信するものであり、前記重み付け処理部が、前記複数の開口それぞれで得られた複数の受信信号それぞれについて、前記複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なうものであり、さらに前記演算部が、前記複数の開口それぞれについて、各開口に達した波動の伝播方向、もしくは該波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、前記複数の開口について得られた演算結果に基づく画像をあらわす画像信号を生成するものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

【請求項7】 前記演算部で生成された画像信号に基づく画像を表示する画像表示部を備えたことを特徴とする請求項6記載の波動受信装置。

【請求項8】 前記受信部が、空間的に相互に一部分どうしが重複することが許容された、位置が順次に異なる複数の開口について、時間的に順次もしくは同時に、これら複数の開口内に達した波動を受信するものであり、前記重み付け処理部が、前記複数の開口それぞれで得られた複数の受信信号それぞれについて、前記複数種類の

重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なうものであり、さらに前記演算部が、前記複数の開口それぞれについて、各開口に達した波動の伝播方向、もしくは該波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、隣接する2つの開口の中間位置に開口を設定したときの該中間位置の開口に達した波動を所定の受信視野角で受信したときの受信信号に相当する補間信号を生成するものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

10 【請求項9】 前記受信器が、超音波を含むとともに、被伝播体内を伝播してきた振動を含む音波、および空間を伝播してきた電磁波の範疇に含まれるいずれかの波動を受信するものであることを特徴とする請求項1記載の波動受信装置。

【請求項10】 被検体内に送信され該被検体内で反射して戻ってきた超音波を、所定の配列方向に配列された複数の超音波振動子のうちの、設定された開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る過程を、該開口を前記配列方向に順次移動しながら複数回繰り返し、  
20 該過程を複数回繰り返す間に得られた受信信号に基づいて前記被検体内の画像をあらわす画像信号を得、該画像信号に基づく画像を表示する超音波診断装置において、設定された開口内に達した超音波を、該開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る受信部と、  
該受信部で得られた受信信号を、前記開口内の複数の超音波振動子の配列順位を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう重み付け処理部と、  
30 該重み付け処理部における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、前記被検体内の超音波反射源の方向もしくは位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、前記過程を繰り返す間に得られた演算結果に基づいて、前記被検体内の画像をあらわす画像信号を生成する演算部と、  
該演算部で得られた画像信号に基づく画像を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音波（超音波および振動を含む）、電磁波（電波）等の波動を受信して処理する波動受信装置およびその波動受信装置の1つの適用分野である超音波診断装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、波動を受信して処理を行なう波動受信装置が広く採用されている。超音波診断装置もそのような波動受信装置の1つの適用分野ではあるが、その他にも例えば、空中の飛行物体を探知するレーダ装置、水中の魚群を探知する魚群探知機、海底の様子を探索する海底探査機、物体内部の傷を探知する探傷装置  
50 等、様々に適用分野が広がっている。

【0003】ここでは、それら様々な適用分野のうちの1つの適用分野である超音波診断装置を例に挙げて、従来技術について説明する。超音波診断装置は、主に人体を被検体とし、その被検体内部に超音波を送信して被検体内の種々の組織表面等で反射した超音波を受信する過程を、順次繰り返しながら被検体内を超音波で走査し、その走査の過程で得られた受信信号に基づいて被検体内の画像を表示し、これにより内臓の疾患等の病気の診断を補助する装置である。

【0004】図19は、超音波診断装置を用いて、被検体内のある一点にターゲット（超音波反射体）が存在する場合の、そのターゲットの像を得る様子を示す模式図である。この超音波診断装置には、図19（a）に示すように、所定の方向（図19の左右方向）に配列された多数の超音波振動子1が備えられおり、これらの超音波振動子1が被検体の体表にあてがわれ、ある1回の超音波送受信のタイミングでは、そのタイミングの超音波送受信のために設定されたある開口2に含まれる複数の超音波振動子を電気パルスで励振することにより、被検体内に向けて超音波パルスが送信される。この超音波送信に際し、開口2に含まれる複数の超音波振動子それぞれを励振するタイミングを調整しさらにそれら複数の超音波振動子それぞれを励振する励振強度を、開口2に含まれる超音波振動子の配列の位置（配列順位）を変数とする所定の重み付け関数3に従って調整することにより、被検体内に、指向性を持った超音波ビーム4が形成される。

【0005】被検体内で反射して戻ってきた超音波は、開口2を構成する複数の超音波振動子それぞれで受信され、それらの受信信号それぞれが重み付け関数3に従ってそれぞれ増幅されるとともに、被検体内に延びる超音波ビーム4に沿う方向の超音波反射信号が強調されるように（これを、ここでは受信ビームを形成する、と称する。これに対し、被検体内に送信された超音波ビームを送信ビームと称する。）、相対的に遅延されるとともに互いに加算される。ここでは相対的に遅延して互いに加算する処理を整相加算と称する。尚、この整相加算は広く知られた技術であるため、詳細説明は省略する。

【0006】このような超音波送受信の過程を、超音波振動子1の配列方向に開口2を順次移動させながら繰り返す。開口2を順次移動させながら超音波の送受信を繰り返す過程を走査と称する。尚、ここでは、簡単のため送信開口と受信開口、送信の重み付け関数と受信の重み付け関数、送信ビームと受信ビームを特に区別せずに説明したが、それらは、送信側と受信側とで異なってもよく、送信側と受信側とでそれぞれ適切に設定される。

【0007】上記の走査の過程において得られた、複数本の受信ビームを表す信号の強度を輝度として表示することにより、被検体内の画像を得ることができる。こ

では、被検体内に唯一のターゲットが存在する場合について考察しており、超音波ビーム4（ここでは送信ビームと受信ビームとの双方）が指向性を有することから、走査の過程で設定される各開口についての受信信号の強度は、図19（b）に示すような各値を示す。ここではそれらの信号強度分布をビームプロファイルと称する。

【0008】図19（c）は、このような信号強度分布を持つ受信信号を輝度であらわした画像（ターゲット像）である。

10 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のターゲット像の寸法が小さいほど超音波診断装置の分解能が良好であることになるが、通常、このターゲット像の寸法は、ターゲット5自体の寸法と比べかなり大きく広がっている。従来、このターゲット像の寸法を決定づける受信信号の強度分布（ビームプロファイル）は、開口2の寸法と、重み付け関数3と、送受信される超音波の波長 $\lambda$ とで決まってしまう、従来これらの要素を最適に設定するよう工夫がなされてきたもの、それ以上の分解能の改善には限界があった。

20

【0010】また、従来、ターゲット5の位置を求める場合、被検体を走査して受信信号強度のピーク位置を求めることによって始めて、そのターゲット5の、超音波振動子1の配列方向の位置を求めることが可能であり、例えば図19（a）に示す開口2のようにターゲット5から偏倚した超音波ビーム4によっては、そのターゲット5からの反射超音波によって仮に十分な信号強度の受信信号が得られたとしても、その1回の超音波送受信によつてはターゲット5の変位もしくは方向（角度）を求めることは不可能であった。

30

【0011】さらに、上記のターゲットの位置の検出に関し、走査の際に順次設定される開口の間隔が粗く、例えば図19（a）の左右方向について飛び飛びにしか開口が設定されないと、真のピーク位置を検出することができず、ターゲットの位置の検出精度が低下する結果となる。一方、ターゲットの十分な位置検出精度を得るために開口を細かく設定すると、超音波送受信を、その細かく設定された開口の数に対応した回数だけ多数回行なう必要があり、被検体を一回走査するのに長時間を要し、フレームレートが低下するという問題がある。

40

【0012】ここでは超音波診断装置を取り挙げて説明したが、これらの問題点は超音波診断装置に限られるものではなく、波動を受信してターゲットの位置等を検出する装置全てに共通する問題である。さらに波動を反射するターゲットを対象とする場合のみでなく、音波や電波等の波動を自らが発生するターゲットの位置等を検出する装置にも共通する問題である。

【0013】本発明は、上記事情に鑑み、ターゲットの方向や位置を走査することなく検出し、あるいは従来よりも空間分解能を向上させることのできる波動受信装

50

置、およびその波動受信装置の1つの適用分野としての超音波診断装置を提供することを目的とする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】図1は、本発明の波動受信装置の原理説明図である。本発明の波動受信装置には、受信部10、重み付け処理部20、および演算部30が備えられている。受信部10は、所定の開口aに達した波動をその開口内部の位置の情報を伴って受信する部分である。波動の受信にあたっては、複数の受信素子を配列しておき、それら複数の受信素子の配列順位によりその開口内の位置の情報を得てもよく、あるいは、例えば1つの受信素子をその開口内で順次移動させながら波動を受信し、その受信素子の移動位置によってその開口内の位置の情報を得てもよい。また、開口内の位置情報として、例えば複数の受信素子を一次元的に配列しておき、その配列順位に応じた一次元的な位置情報を得てもよく、複数の受信素子を二次元的に配列しておき、それら複数の受信素子の二次元的な配列順位に応じた二次元的な位置情報を得てもよい。

【0015】また、重み付け処理部20は、受信部10で得られた受信信号を、開口a内の位置を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう部分である。これら複数種類の重み付け関数は、特定の重み付け関数に限定されるものではないが、全くランダムに選択された複数種類の重み付け関数であってよい訳でもない。重み付け処理部20では、以下において説明する演算部30で波動の伝播方向、ないしその波動を生成した波源の位置を求めることができる関係にある複数の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう必要がある。具体的には、重み付け処理部20では、例えば、開口内の位置を変数とする偶関数および奇関数それぞれで重み付け処理を行なうことができ、あるいは、重み付け処理部20では、開口内の位置を変数とする第1の関数、およびその第1の関数がその変数でn階微分（nは1以上の正の整数）された第2の関数それぞれで重み付け処理を行なうことができる。

【0016】重み付け処理において採用される偶関数および奇関数の例としては、それぞれ、例えば開口の中央からみて左右対象な矩形関数（図4参照）と、開口の中央を境として左右で符号の異なる矩形関数（図6参照）を挙げることができる。また、重み付け処理において採用される第1の関数としては、開口の中央で最大値を有し開口の両端に向けて値が減少し開口の両端で値が零となる三角形関数（図10（a）参照）、開口の中央で最大値を有するガウス関数、開口の中央で最大値を有するレイズドコサイン関数あるいはオフセットレイズドコサイン関数、第2の関数としてそれらの関数を1階微分ないし2階微分した関数を挙げることができる。

【0017】また、図1の演算部30は、重み付け処理部20における重み付け処理により得られた複数の重み

付け受信信号に基づいて、上記開口に達した波動の伝播方向、もしくはその波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なう部分である。ここで、波源は、その波源に向かってきた波動を反射することにより開口に向かって伝播する波動を生成するものであってもよく、あるいはその波源自体が波動を発生するものであってもよい。

【0018】この波動の伝播方向もしくは波源の位置を求めるにあたっては、演算部30では、例えば、上記複数の重み付け受信信号どうしの比を求める演算が行なわれる。また、上記演算部30は、上記複数の重み付け受信信号のうちの1つの重み付け受信信号により得られる受信視野角よりも狭い受信視野角を得る演算を含む演算を行なうものであることが好ましい。

【0019】図2は、本発明の波動受信装置の受信部の一実施形態の説明図である。この実施形態における受信部は、図2に示すように、空間的に相互に一部分どうしが重複することが許容された、位置が順次に異なる複数の開口a1, a2, a3, ..., anについて、時間的に順次もしくは同時に、これら複数の開口内に達した波動を受信するものである。このとき、重み付け処理部20では、複数の開口a1, a2, a3, ..., anそれぞれで得られた複数の受信信号それぞれについて、複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理が行なわれ、演算部30では、複数の開口a1, a2, a3, ..., anそれぞれについて、各開口に達した波動の伝播方向、もしくはその波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、それら複数の開口a1, a2, a3, ..., anについて得られた演算結果に基づく画像をあらわす画像信号が生成される。

【0020】この場合に、演算部30で生成された画像信号に基づく画像を表示する画像表示部40を備えることが好ましい。また、本発明の波動受信装置において、受信部10は、空間的に相互に一部分どうしが重複することが許容された、位置が順次に異なる複数の開口について、時間的に順次もしくは同時に、これら複数の開口内に達した波動を受信するものであり、重み付け処理部20が、上記複数の開口それぞれで得られた複数の受信信号それぞれについて、複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なうものであり、さらに演算部30が、上記複数の開口それぞれについて、各開口に達した波動の伝播方向、もしくはその波動を生成した波源の位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、隣接する2つの開口の中間位置に開口を設定したときのその中間位置の開口に達した波動を所定の受信視野角で受信したときの受信信号に相当する補間信号を生成するものであることも好ましい形態である。

【0021】本発明の波動受信装置において、受信部10では、例えば、超音波を含むとともに、被伝播体内を伝播してきた振動を含む音波、および空間を伝播してき

た電磁波の範疇に含まれるいずれかの波動が受信される。図3は、本発明の超音波診断装置の原理説明図である。本発明の超音波診断装置は、被検体内に送信されその被検体内で反射して戻ってきた超音波を、所定の配列方向に配列された複数の超音波振動子のうちの、設定された開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る過程を、その開口を上記配列方向に順次移動しながら複数回繰り返す、その過程を複数回繰り返す間に得られた受信信号に基づいて被検体内の画像をあらわす画像信号を得、その画像信号に基づく画像を表示する超音波診断装置において、設定された開口aに達した超音波を、その開口内の複数の超音波振動子1で受信して受信信号を得る受信部11と、受信部11で得られた受信信号を、開口内の複数の超音波振動子1の配列順位を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう重み付け処理部21と、重み付け処理部21における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、開口aからみた、被検体内の超音波反射源の方向もしくは位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、上記過程を繰り返す間に得られた演算結果に基づいて、被検体内の画像をあらわす画像信号を生成する演算部31と、演算部31で得られた画像信号に基づく画像を表示する画像表示部41とを備えたことを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、先ず、本発明の波動受信装

$\theta$  ; 受信ビームの延びる方向に対するターゲットの方位

A ; ターゲットでの超音波反射強度

a ; 開口幅

$\lambda$  ; 超音波の波長

図6は、重み付け関数のもう1つの例を示す図、図7は、図6に示す重み付け関数を用いたときの受信ビームのビームプロファイルを示す図である。

【0026】ここでは、図6に示す、開口の中央を境に左右で符号が異なる矩形関数を考える。この図6に示す関数を重み付け関数として用いたときのビームプロファイルは、下記(2)式で示される関数S( $\theta$ )で表され、その関数形状は図7のようにあらわされる。

【0027】

【数2】

$$S(\theta) = A \cdot \frac{1 - \cos(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}$$

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta)$$

【0028】一回の超音波送受信で得られた受信信号を、図4に示す重み付け関数と図6に示す重み付け関数で別々に重み付け処理を行ない、その結果得られた、

(1)式、(2)式であらわされる2つの重み付け受信

\*置の1つの適用分野である超音波診断装置を中心に、本発明の実施形態について説明する。ここでは、先ず、一回の超音波送受信のみで超音波ビームの方向に対するターゲット(超音波反射体)の変位ないし方向(角度)

(図19参照)を検出する方法について説明する。

【0023】図4は、重み付け関数の一例を示す図、図5は、図4に示す重み付け関数を用いたときのビームプロファイルを示す図である。ここでは、図4に示すように受信開口の中央からみて左右対象の矩形関数を考える。超音波の開口の重み付け関数と、その重み付け関数に従って重み付けを行ない、さらに整相加算を行なうことによって得られる受信ビームのビームプロファイルは、互いにフーリエ変換対の関係にある。したがって図4に示す矩形関数を重み付け関数として用いたときのビームプロファイルは下記(1)式で示されるsinc関数C( $\theta$ )であらわされ、その関数形状は図5のようにあらわされる。

【0024】

【数1】

$$C(\theta) = A \cdot \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}$$

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta)$$

【0025】

……(1)

信号の比をとると、下記(3)、(4)式に示すように、ターゲットの反射強度Aには依存せず受信ビームの方向に対するターゲットの方位 $\theta$ だけに依存する値 $\phi(\theta)$ を得ることができる。

【0029】

【数3】

$$\begin{aligned} \frac{S(\theta)}{C(\theta)} &= \frac{A \cdot \frac{1 - \cos(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}}{A \cdot \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}} \\ &= \frac{\frac{\sin(\phi(\theta))}{\phi(\theta)} \cdot \sin(\phi(\theta))}{\frac{\sin(\phi(\theta))}{\phi(\theta)} \cdot \cos(\phi(\theta))} \\ &= \tan(\phi(\theta)) \end{aligned} \quad \text{..... (3)}$$

$$\tan^{-1} \left[ \frac{S(\theta)}{C(\theta)} \right] = \phi(\theta) \quad \text{..... (4)}$$

【0030】このように、例えば図4に示す形状の重み付け関数と図6に示す形状の重み付け関数を別々に用いて受信信号を重み付けし、それらにより得られた2つの重み付け受信信号どうしの比を求めることによって、受信ビームに対するターゲットの方位、すなわち、本発明にいう波動の伝播方向を求めることができる。次に、開口幅 $a$ と、超音波の波長 $\lambda$ と、1つの重み付け関数とで決まるビームプロファイルにより規定される分解能よりも高い分解能を得る方法について説明する。

【0031】図8は、高い分解能を得る方法の説明図である。(1)式を変形すると、

【0032】

【数4】

$$A = \frac{C}{\left[ \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)} \right]} \quad \text{..... (5)}$$

【0033】となる。この(5)式に、図4に示す重み付け関数で重み付け処理をして得られた重み付け受信信号の振幅 $C$ と、(1)式と(2)式との比を求めることにより得られたターゲットの方位 $\theta$ をあらわす関数 $\phi$

( $\theta$ )を代入すると、ターゲットの反射強度 $A$ を求めることができる。このようにして、(4)式によるターゲットの方位 $\theta$ と、(5)式によるターゲットの反射強度 $A$ との双方を求めることができる。

【0034】そこで、これらターゲットの方位 $\theta$ と反射強度 $A$ を、ビームプロファイルをあらわす関数(ここでは、(1)式の $\text{sinc}$ 関数 $C(\theta)$ )よりも細いビームプロファイルを達成する関数 $g(\theta, A)$ に代入することにより、図4に示すような重み付け関数を用いて重み付け処理することにより得られるビームプロファイル $C(\theta)$ よりも径の細いビームプロファイル $g(\theta, A)$ で受信したときの受信信号と等価な信号を得ることができる。

10

【0035】例えば、関数 $g(\theta, A)$ として、下記(6)式に示す関数を採用すると、(1)式に示すビームプロファイル $C(\theta)$ の半分の径のビームプロファイルを得ることができ、換言すると2倍の分解能を得ることができる。

【0036】

【数5】

$$g(\theta, A) = A \cdot \frac{\sin(4\phi(\theta))}{4\phi(\theta)}$$

10

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta) \quad \text{..... (6)}$$

【0037】超音波診断装置では、従来より、超音波の送信タイミングから受信タイミングまでの時間間隔により、ターゲットの、開口からの距離を知ることができ、また、本実施形態によれば1回の超音波送受信によってターゲットの方位を知ることができ、したがって十分な振幅の受信信号が得られる限りにおいてターゲットの方位のみでなく、被検体内のターゲットの位置を同定することができる。したがって超音波ビームを実際に送受信することにより得られた受信信号に基づいて、演算処理により、その超音波ビームを実際に送受信した開口とは少しずれた開口、例えば隣接する2つの開口の中間に位置する開口で超音波ビームを送受信したときの受信信号に相当する補間信号を得ることも可能である。このような補間信号を生成することにより、分解能を犠牲にすることなく、走査に要する時間を短縮してフレームレートを向上させることができる。

30

【0038】以下、各種の重み付け関数対について例示する。図9は、重み付け関数対の第1例を示す図である。

図9は、図4～図7を参照して説明したときの重み付け関数対であり、図9(a)は、開口の中央を境に左右対称な矩形の偶関数の重み付け関数であり、図9

(b)は、左右で符号を反転させた奇関数の重み付け関数であり、それぞれで得られた受信信号の比を取ることによって、ビーム方向に対するターゲットの方位に依存する値を得ることができる。

40

【0039】尚、ビームを形成する開口に2つの重み付け関数を与えるについては、2つの重み付け関数を送信開口に与えても受信開口に与えても基本的には同じ効果を得ることができるが、送信開口に与えた場合は二回の超音波の送信が必要であるのに対し、受信開口に与える一回の超音波の送信で済むという長所がある。また送信側では高電圧を取り扱うため送信開口に与えるのは受信開口に与えるよりも技術的にかなり大変であり、さらに送信開口に与えると、被検体内で超音波が乱されるためその効果が減殺される結果となる。したがってフレームレートを向上させる観点、技術上の観点、およびその効果の程度の観点のいずれからでも受信開口に2つの重み



付け関数を与える方が好ましい。

【0040】図10は、重み付け関数対の第2例を示す図である。図10(a)は、開口の中央で最大となり開口の両端に向けて減少し開口の両端でゼロとなる三角形関数であり、図10(b)は開口の中央を境に左右で符号の異なる矩形関数である。図10(b)は、図10(a)を一階微分した形状になっている。

【0041】前述したように、超音波の開口の重み付け関数と、それによる遠距離（もしくは焦点付近）におけるビームプロファイル関数は、互いにフーリエ変換対となる関係にあることが知られている。そこで、図10(a)の重み付け関数を $f(x)$ とした場合、それによるビームプロファイル関数は $f(x)$ をフーリエ変換した $F(w)$ となる。ここで $w$ は、ターゲットのビーム方向に対する変位である。

【0042】また、関数 $f(x)$ を一階微分した関数 $f'(x)$ のフーリエ変換は $jw \cdot F(w)$  ( $j$ は、虚数単位)で与えられることが知られているため、図10(b)のビームプロファイル関数は $jw \cdot F(w)$ で与えられる。したがって、図10(b)による受信信号と図10(a)による受信信号の比を求めることにより、変位 $w$ を直接求めることができる。

【0043】図11は、重み付け関数対の第3例を示す図である。図11(a)と図11(b)の関係は、第2の例と同様に、図11(b)は、図11(a)を一階微分した形状になっている。図11(a)の好適な関数として、ガウス関数、レイズドコサイン、オフセットレイズドコサイン等が挙げられる。

【0044】図12は、重み付け関数対の第4例を示す図である。図12(a)と図12(b)の関係は、図12(b)は、図12(a)を二階微分した形状になっている。図12(b)のビームプロファイルは関数 $-w^2 \cdot F(w)$ で与えられる。したがって、図12(b)による受信信号と図12(a)による受信信号の比を求めることにより、 $w^2$ が求まりその平方根を求めることにより変位 $w$ を求めることができる。

【0045】図13は、本発明の超音波診断装置の第1実施形態を示すブロック図である。この実施形態は開口幅と超音波の波長と重み付け関数とで決まるビームプロファイルによる分解能よりも高い分解能を得る具体的回路構成を示すものである。ここでは、図示および説明の簡単のため、この図13、および後述する実施形態を示す各図には、配列された多数の超音波振動子のうち、1つの開口を構成する超音波振動子のみが示されている。

【0046】図示しない超音波送信回路により超音波振動子101から被検体内に向けて超音波が送信され、被検体内で反射した超音波はこれらの超音波振動子101で受信される。超音波振動子101で得られた超音波信号は、2系統に分けられ、それぞれ各重み付け回路102\_1, 102\_2において、重み付け関数対を構成す

る各重み付け関数に従って振幅調整される。振幅調整された受信信号は、各ビームフォーマ103\_1, 103\_2によりそれぞれ超音波信号の整相加算が行なわれ、その後、各検波回路104\_1, 104\_2においてそれぞれ包絡線検波されることにより、走査線信号Cと走査線信号Sを得る。これらの走査線信号対はターゲットの変位および反射強度を検出する変位・強度検出回路105において変位 $w$ と反射強度 $A$ が求められ、ビームプロファイル変換回路106により径の細いビームプロファイル関数に従う新たな走査線信号を得る。この新たな走査線信号はDSC(Digital Scan Converter)107に輸入され走査線間の補間が行なわれてCRT108で表示される。

【0047】図14は、本発明の超音波診断装置の第2実施形態を示すブロック図である。図13に示す第1実施形態との相違点について説明する。この図13に示す実施形態では、変位・強度検出回路105の前段側にDSC107\_1, 107\_2が配置され、それらのDSC107\_1, 107\_2によりそれぞれ走査線補間が行なわれた後の信号に基いてターゲットの変位および反射強度が検出される。

【0048】この実施形態は、図9に重み付け関数対を使用する時に好適な回路構成を示すものである。図15は、本発明の超音波診断装置の第3実施形態の部分ブロック図である。配列された超音波振動子101のうち、上半分に配列された超音波振動子で得られた超音波信号はビームフォーマ103aに輸入されて整相加算され、下半分に配列された超音波振動子で得られた超音波信号はビームフォーマ103bに輸入されて整相加算される。

【0049】ビームフォーマ103aで整相加算された後の受信信号は信号反転回路109により反転された後加算器110\_1に輸入される。また、このビームフォーマ103aで整相加算された後の受信信号は、そのまま1つの加算器110\_2に輸入される。さらに、もう1つのビームフォーマ103bで整相加算された後の受信信号は、そのまま、2つの加算器110\_1, 110\_2にそれぞれ入力される。2つの加算器110\_1, 110\_2では、それぞれに輸入された各2つの受信信号が加算され、それぞれ各検波回路104\_1, 104\_2に輸入される。その後の処理は、図13もしくは図14に示す実施形態の場合と同様である。

【0050】ここで、図15に示す2つのビームフォーマ103a, 103bは、配列された超音波振動子101の上半分、下半分に対応しており、したがって回路規模としては、それら双方のビームフォーマ103a, 103bを合わせたものが、図13もしくは図14に示す2系統のビームフォーマ103\_1, 103\_2のうちの1つ分に相当する。

【0051】したがってこの実施形態の場合、ビームフ

オーマを2系統分用意する必要がなく、図13ないし図14に示す実施形態と比べ大幅なコストダウンが実現できる。以上は、本発明の波動受信装置のうちの超音波診断装置の各種実施形態であるが、本発明の波動受信装置は超音波診断装置以外の装置にも適用可能である。以下、本発明の波動受信装置を超音波診断装置以外の装置に適用した例について説明する。

【0052】航空機、船舶等を探知するために、地上、機上、陸上等に設置されるレーダにおいて、特に、送信局と受信局を分離して設置するバイスタティック・レーダ装置というものがある。本装置は、送信ビームと受信ビームの交差する空間エリアの中に依存する目標を検知するものである。図16は、送信局Tから送信ビーム201を放射し、ターゲットからの反射波を受信局Rで受信している様子を示す模式図である。

【0053】従来より、送信エネルギーを有効に利用して空間を探索するために、送信ビームの送信エネルギーの伝播に応じて受信ビームを高速に走査する「パルス・チョイス」と呼ばれる方式がある。図16に示すように、受信局Rで同一時刻に受信される目標位置の軌跡は送信局と受信局を焦点とする楕円0vとなる。送信ビーム201がこの楕円0vを横切る点を点A、Bとすると、送信ビーム照射エリア内を洩れなく探索するには、受信ビーム幅はこの2点A、Bを見込む角以上に広げておく必要がある。したがって、送信ビーム201を広げた場合、受信ビーム202もそれに対応するビーム径に広げる必要があり、目標分解能や位置精度の劣化を引き起こすという問題がおこる。

【0054】そこで、このレーダ装置に本発明の波動受信装置を適用することを考える。図17は、本発明の波動受信装置が適用されたレーダ装置の構成を示すブロック図である。送信器211は、送信ビーム制御器212の制御を受けて、送信アンテナ213から所定の送信ビームを送信する。ターゲット210で反射した反射波は、受信アンテナ214に達し、この受信アンテナ214で受信される。この受信アンテナ214は、図示のx方向に複数の分割されており、それぞれで受信信号が得られる。これらの受信信号は、2つの重み付け回路215\_1、215\_2において、重み付け関数対を構成する各重み付け関数に従って重み付け処理され、それぞれビームフォーマ216\_1、216\_2に入力されて整相加算される。その整相加算の際、受信ビーム制御器217は、送信ビーム制御器212から、送信ビームの送信タイミング、送信方向等の情報を入手し、その送信ビームに応じた方向に受信ビームが形成されるようにビームフォーマ216\_1、216\_2による整相加算を制御する。

【0055】各ビームフォーマ216\_1、216\_2によりそれぞれ整相加算されることにより得られた各信号は各検波回路218\_1、218\_2に入力されてそ

れぞれ包絡線検波され、走査線信号Cと走査線信号Sを得る。これらの走査線信号S、Cは変位検出回路219に入力され、受信ビームからのターゲット210の変位もしくは方位が求められる。この変位検出回路219で得られた、ターゲット210の、受信ビームからの変位の情報、すなわち、ターゲットの位置情報は表示器220に入力され、その表示器220にターゲットの位置が表示される。

【0056】図18は、図17に示すレーダ装置の効果説明図である。図17に示す構成により、例えば受信ビーム202の方向Pに対するターゲットTgの方位角 $\theta_d$ を知ることができ、送受信局間の距離と反射波の到達時刻で決まる楕円上の目標物Tgtが存在する点を正確に特定することができる。したがって、広い空間エリアを洩れなく探索するために送信ビーム幅および受信ビーム幅を広くとつても、目標分解能や位置精度を劣化させずにターゲットの位置を高精度に特定することができる。

【0057】ここでは、超音波診断装置とレーダ装置を取りあげて説明したが、本発明の波動受信装置は、これらの他にも、例えば海中の魚群を探知する魚群探知機、工業的に利用される物体の内部の傷を検知する探傷装置等にも適用可能であり、その他例えば地震の震源地の特定等にも適用できる可能性もある。

#### 【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来できなかった、任意の位置における所定開口による一回の受信でターゲットの方位ないし変位を検出することができ、更に、従来よりも、高い分解能を得たり、実際に受信していない開口に対応する受信信号に相当する信号を演算処理により生成することもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の波動受信装置の原理説明図である。

【図2】本発明の波動受信装置の受信部の一実施形態の説明図である。

【図3】本発明の超音波診断装置の原理説明図である。

【図4】重み付け関数の一例を示す図である。

【図5】図4に示す重み付け関数を用いたときのビームプロファイルを示す図である。

【図6】重み付け関数のもう1つの例を示す図である。

【図7】図6に示す重み付け関数を用いたときの受信ビームのビームプロファイルを示す図である。

【図8】高い分解能を得る方法の説明図である。

【図9】重み付け関数対の第1例を示す図である。

【図10】重み付け関数対の第2例を示す図である。

【図11】重み付け関数対の第3例を示す図である。

【図12】重み付け関数対の第4例を示す図である。

【図13】本発明の超音波診断装置の第1実施形態を示すブロック図である。

【図14】本発明の超音波診断装置の第2実施形態を示

すブロック図である。

【図15】本発明の超音波診断装置の第3実施形態の部分ブロック図である。

【図16】送信局から送信ビームを放射し、ターゲットからの反射波を受信局で受信している様子を示す模式図である。

【図17】本発明の波動受信装置が適用されたレーダ装置の構成を示すブロック図である。

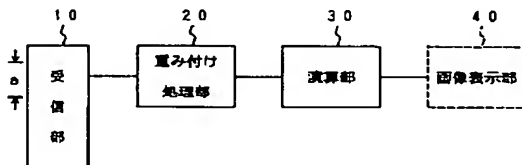
【図18】図17に示すレーダ装置の効果説明図である。

【図19】超音波診断装置を用いて、被検体内のある一点にターゲット（超音波反射体）が存在する場合のそのターゲットの像を得る様子を示す模式図である。

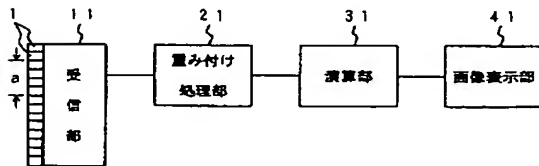
【符号の説明】

- 1 超音波振動子
- 10, 11 受信部
- 20, 21 重み付け処理部
- 30, 31 演算部
- 40, 41 画像表示部
- 101 超音波振動子
- 102\_\_1, 102\_\_2 重み付け回路

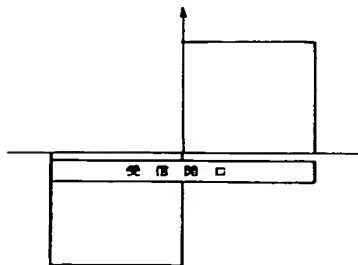
【図1】



【図3】



【図6】



103\_\_1, 103\_\_2, 103a, 103b ビームフォーマ

104\_\_1, 104\_\_2 検波回路

105 変位・強度検出回路

106 ビームプロファイル変換回路

107, 107\_\_1, 107\_\_2 DSC

108 CRT

109 信号反転回路

110\_\_1, 110\_\_2 加算器

10 210 ターゲット

211 送信器

212 送信ビーム制御器

213 送信アンテナ

214 受信アンテナ

215\_\_1, 215\_\_2 重み付け回路

216\_\_1, 216\_\_2 ビームフォーマ

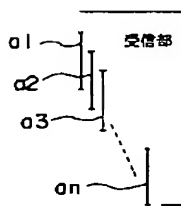
217 受信ビーム制御器

218\_\_1, 218\_\_2 検波回路

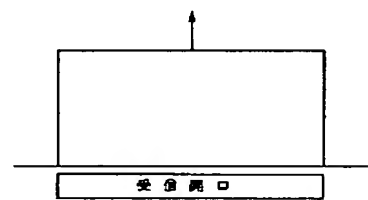
219 変位検出回路

20 220 表示器

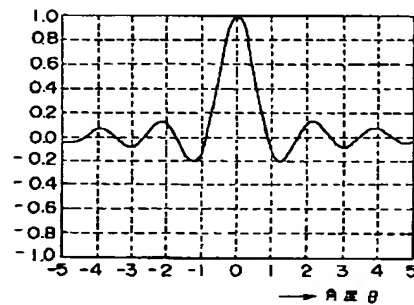
【図2】



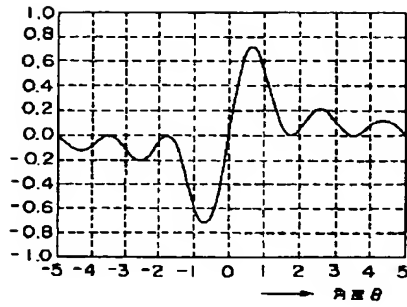
【図4】



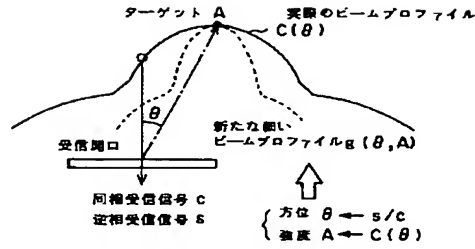
【図5】



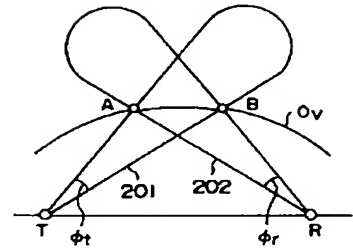
【図7】



【図8】

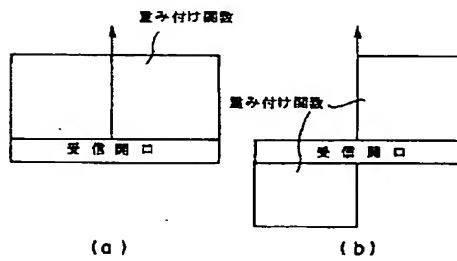


【図16】

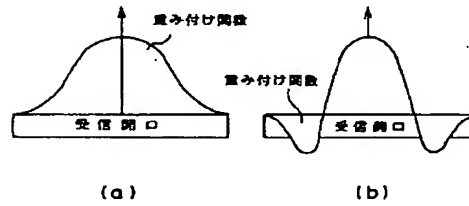


【図10】

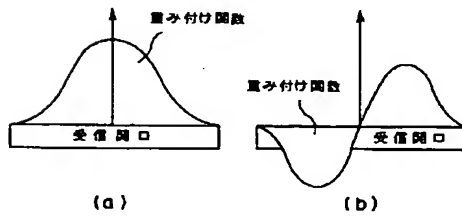
【図9】



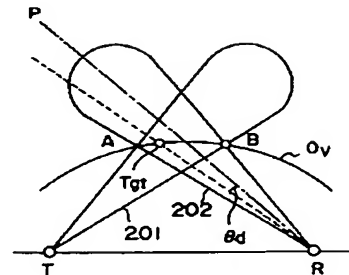
【図12】



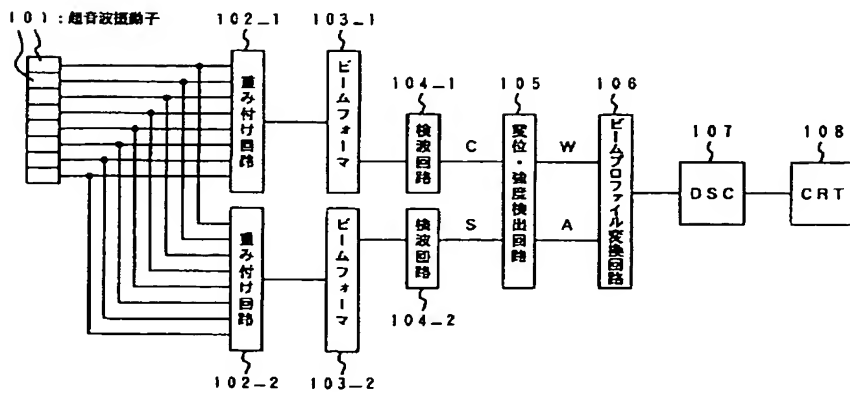
【図11】



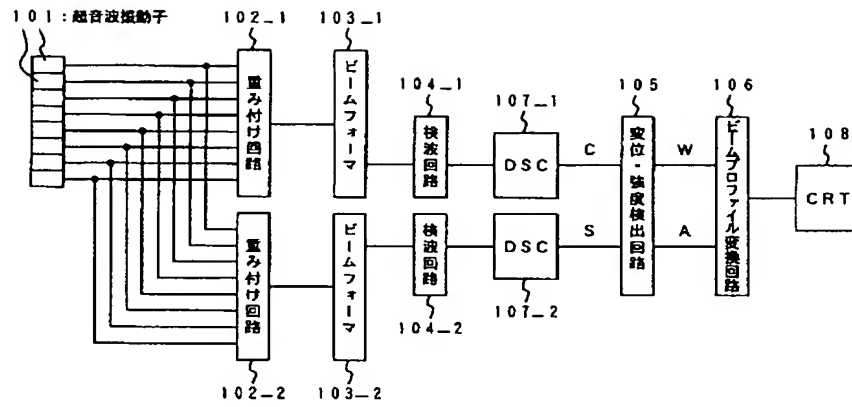
【図18】



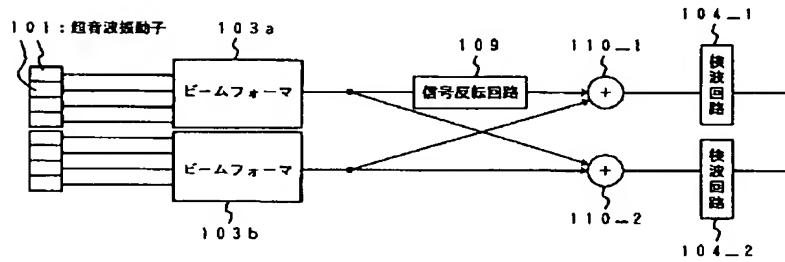
【図13】



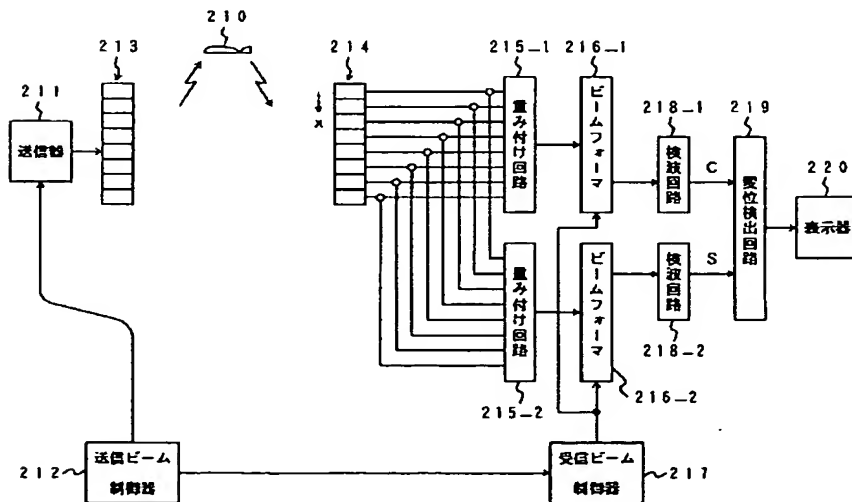
【図14】



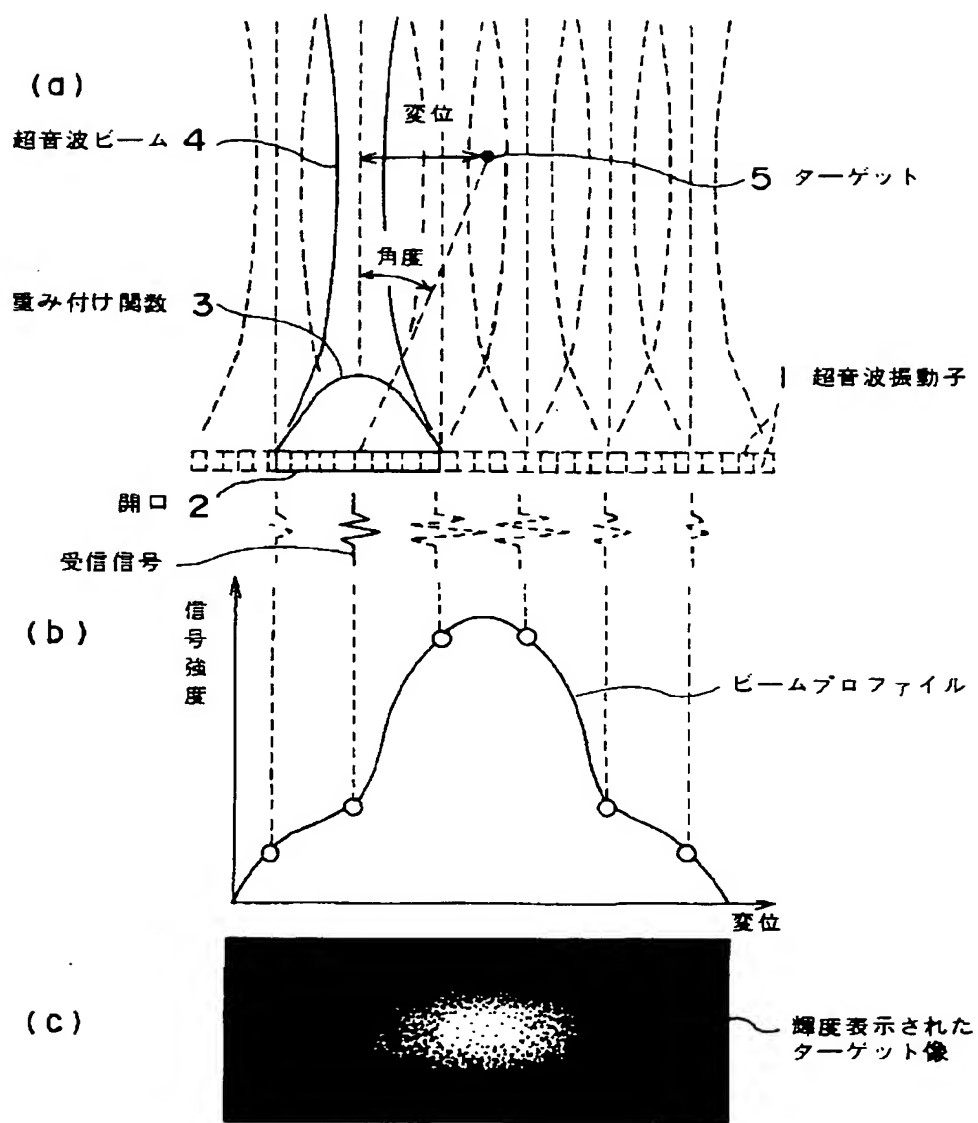
【図15】



【図17】



【図19】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第1部門第2区分

【発行日】平成11年(1999)11月24日

【公開番号】特開平10-258052

【公開日】平成10年(1998)9月29日

【年通号数】公開特許公報10-2581

【出願番号】特願平9-63235

【国際特許分類第6版】

A61B 8/00

G01S 3/805

13/89

【F I】

A61B 8/00

G01S 3/805

13/89

【手続補正書】

【提出日】平成11年2月19日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波診断装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検体内に送信され該被検体内で反射して戻ってきた超音波を、所定の配列方向に配列された複数の超音波振動子のうちの、設定された開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る過程を、該開口を前記配列方向に順次移動しながら複数回繰り返し、該過程を複数回繰り返す間に得られた受信信号に基づいて前記被検体内の画像をあらわす画像信号を得、該画像信号に基づく画像を表示する超音波診断装置において、設定された開口内に達した超音波を、該開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る受信部と、該受信部で得られた受信信号を、前記開口内の複数の超音波振動子の配列順位を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう重み付け処理部と、  
該重み付け処理部における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、前記被検体内の超音波反射源の方向もしくは位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、前記過程を繰り返す間に得られた演算結果に基づいて、前記被検体内の画像をあらわす画像信号を生成する演算部と、  
該演算部で得られた画像信号に基づく画像を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波診断装置は、主に人体を被検体とし、その被検体内部に超音波を送信して被検体内の種々の組織表面等で反射した超音波を受信する過程を、順次繰り返しながら被検体内を超音波で走査し、その走査の過程で得られた受信信号に基づいて被検体内の画像を表示し、これにより内臓の疾患等の病気の診断を補助する装置である。

【0003】図14は、超音波診断装置を用いて、被検体内のある一点にターゲット(超音波反射体)が存在する場合の、そのターゲットの像を得る様子を示す模式図である。

【0004】この超音波診断装置には、図14(a)に示すように、所定の方向(図14の左右方向)に配列された多数の超音波振動子1が備えられおり、これらの超音波振動子1が被検体の体表にあてがわれ、ある1回の超音波送受信のタイミングでは、そのタイミングの超音波送受信のために設定されたある開口2に含まれる複数の超音波振動子を電気パルスで励振することにより、被検体内に向けて超音波パルスが送信される。この超音波送信に際し、開口2に含まれる複数の超音波振動子それぞれを励振するタイミングを調整しさらにそれら複数の超音波振動子それぞれを励振する励振強度を、開口2に含まれる超音波振動子の配列の位置(配列順位)を変数とする所定の重み付け関数3に従って調整することにより、被検体内に、指向性を持った超音波ビーム4が形成される。

【0005】被検体内で反射して戻ってきた超音波は、開口2を構成する複数の超音波振動子それぞれで受信さ

れ、それらの受信信号それぞれが重み付け関数3に従ってそれぞれ増幅されるとともに、被検体内に延びる超音波ビーム4に沿う方向の超音波反射信号が強調されるように（これを、ここでは受信ビームを形成する、と称する。これに対し、被検体内に送信された超音波ビームを送信ビームと称する。）、相対的に遅延されるとともに互いに加算される。ここでは相対的に遅延して互いに加算する処理を整相加算と称する。尚、この整相加算は広く知られた技術であるため、詳細説明は省略する。

【0006】このような超音波送受信の過程を、超音波振動子1の配列方向に開口2を順次移動させながら繰り返す。開口2を順次移動させながら超音波の送受信を繰り返す過程を走査と称する。

【0007】尚、ここでは、簡単のため送信開口と受信開口、送信の重み付け関数と受信の重み付け関数、送信ビームと受信ビームを特に区別せずに説明したが、それらは、送信側と受信側とで異なってもよく、送信側と受信側とでそれぞれ適切に設定される。

【0008】上記の走査の過程において得られた、複数本の受信ビームを表す信号の強度を輝度として表示することにより、被検体内の画像を得ることができる。

【0009】ここでは、被検体内に唯一のターゲットが存在する場合について考察しており、超音波ビーム4

（ここでは送信ビームと受信ビームとの双方）が指向性を有することから、走査の過程で設定される各開口についての受信信号の強度は、図14（b）に示すような各値を示す。ここではそれらの信号強度分布をビームプロファイルと称する。

【0010】図14（c）は、このような信号強度分布を持つ受信信号を輝度であらわした画像（ターゲット像）である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のターゲット像の寸法が小さいほど超音波診断装置の分解能が良好であることになるが、通常、このターゲット像の寸法は、ターゲット5自体の寸法と比べかなり大きく広がっている。

【0012】従来、このターゲット像の寸法を決定づける受信信号の強度分布（ビームプロファイル）は、開口2の寸法と、重み付け関数3と、送受信される超音波の波長 $\lambda$ とで決まってしまう、従来これらの要素を最適に設定するよう工夫がなされてきたもの、それ以上の分解能の改善には限界があった。

【0013】また、従来、ターゲット5の位置を求める場合、被検体を走査して受信信号強度のピーク位置を求めることによって始めて、そのターゲット5の、超音波振動子1の配列方向の位置を求めることが可能であり、例えば図14（a）に示す開口2のようにターゲット5から偏倚した超音波ビーム4によっては、そのターゲット5からの反射超音波によって仮に十分な信号強度の受信信号が得られたとしても、その1回の超音波送受信に

よってはターゲット5の変位もしくは方向（角度）を求めることは不可能であった。

【0014】さらに、上記のターゲットの位置の検出に関し、走査の際に順次設定される開口の間隔が粗く、例えば図14（a）の左右方向について飛び飛びにしか開口が設定されないと、真のピーク位置を検出することができず、ターゲットの位置の検出精度が低下する結果となる。一方、ターゲットの十分な位置検出精度を得るために開口を細かく設定すると、超音波送受信を、その細かく設定された開口の数に対応した回数だけ多数回行なう必要があり、被検体を一回走査するのに長時間を要し、フレームレートが低下するという問題がある。

【0015】本発明は、上記事情に鑑み、ターゲットの方向や位置を走査することなく検出し、あるいは従来よりも空間分解能を向上させることのできる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】図1は、本発明の超音波診断装置の原理説明図である。

【0017】本発明の超音波診断装置は、被検体内に送信されその被検体内で反射して戻ってきた超音波を、所定の配列方向に配列された複数の超音波振動子のうちの、設定された開口内の複数の超音波振動子で受信して受信信号を得る過程を、その開口を上記配列方向に順次移動しながら複数回繰り返し、その過程を複数回繰り返す間に得られた受信信号に基づいて被検体内の画像をあらわす画像信号を得、その画像信号に基づく画像を表示する超音波診断装置において、設定された開口aに達した超音波を、その開口内の複数の超音波振動子1で受信して受信信号を得る受信部11と、受信部11で得られた受信信号を、開口内の複数の超音波振動子1の配列順位を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう重み付け処理部21と、重み付け処理部21における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、開口aからみた、被検体内の超音波反射源の方向もしくは位置を求める演算を含む演算を行なうとともに、上記過程を繰り返す間に得られた演算結果に基づいて、被検体内の画像をあらわす画像信号を生成する演算部31と、演算部31で得られた画像信号に基づく画像を表示する画像表示部41とを備えたことを特徴とする。

【0018】本発明の超音波診断装置には、上記のように、受信部11、重み付け処理部21、演算部31、および画像表示部41が備えられている。

【0019】受信部11は、所定の開口aに達した超音波をその開口内部の位置の情報を伴って受信する部分である。超音波の受信にあたっては、複数の超音波振動子1の配列順位によりその開口内の位置の情報を得ることができる。

【0020】また、重み付け処理部21は、受信部11



で得られた受信信号を、開口 a 内の位置を変数とする複数種類の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう部分である。

【0021】これら複数種類の重み付け関数は、特定の重み付け関数に限定されるものではないが、全くランダムに選択された複数種類の重み付け関数であってよい訳でもない。重み付け処理部 21 では、以下において説明する演算部 31 で超音波の伝播方向、ないしその超音波を反射したターゲット（超音波反射体）の位置を求めることができる関係にある複数の重み付け関数それぞれで重み付け処理を行なう。

【0022】また、図 1 の演算部 31 は、重み付け処理部 21 における重み付け処理により得られた複数の重み付け受信信号に基づいて、上記開口に達した超音波の伝播方向、もしくは超音波を反射したターゲット（超音波反射体）の位置を求める演算を含む演算を行なう部分である。

【0023】画像表示部 41 では、演算部 31 で生成された画像信号に基づく画像が表示される。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について

$$C(\theta) = A \cdot \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}$$

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta)$$

【0030】

$\theta$  ; 受信ビームの延びる方向に対するターゲットの方位

A ; ターゲットでの超音波反射強度

a ; 開口幅

$\lambda$  ; 超音波の波長

…… (1)

図 4 は、重み付け関数のもう 1 つの例を示す図、図 5 は、図 4 に示す重み付け関数を用いたときの受信ビームのビームプロファイルを示す図である。

【0031】ここでは、図 4 に示す、開口の中央を境に左右で符号が異なる矩形関数を考える。この図 4 に示す関数を重み付け関数として用いたときのビームプロファイルは、下記 (2) 式で示される関数  $S(\theta)$  で表され、その関数形状は図 5 のようにあらわされる。

【0032】

【数 2】

$$S(\theta) = A \cdot \frac{1 - \cos(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}$$

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta)$$

説明する。

【0025】ここでは、まず、一回の超音波送受信のみで超音波ビームの方向に対するターゲット（超音波反射体）の変位ないし方向（角度）（図 14 参照）を検出する方法について説明する。

【0026】図 2 は、重み付け関数の一例を示す図、図 3 は、図 2 に示す重み付け関数を用いたときのビームプロファイルを示す図である。

【0027】ここでは、図 2 に示すように受信開口の中央からみて左右対象の矩形関数を考える。

【0028】超音波の開口の重み付け関数と、その重み付け関数に従って重み付けを行ない、さらに整相加算を行なうことによって得られる受信ビームのビームプロファイルは、互いにフーリエ変換対の関係にある。したがって図 2 に示す矩形関数を重み付け関数として用いたときのビームプロファイルは下記 (1) 式で示される  $\sin$  関数  $C(\theta)$  であらわされ、その関数形状は図 3 のようにあらわされる。

【0029】

【数 1】

【0033】一回の超音波送受信で得られた受信信号を、図 2 に示す重み付け関数と図 4 に示す重み付け関数で別々に重み付け処理を行ない、その結果得られた、

(1) 式、(2) 式であらわされる 2 つの重み付け受信信号の比をとると、下記 (3)、(4) 式に示すように、ターゲットの反射強度 A には依存せず受信ビームの方向に対するターゲットの方位  $\theta$  だけに依存する値  $\phi(\theta)$  を得ることができる。

【0034】

【数 3】

$$\begin{aligned}
\frac{S(\theta)}{C(\theta)} &= \frac{A \cdot \frac{1 - \cos(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}}{A \cdot \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)}} \\
&= \frac{\frac{\sin(\phi(\theta))}{\phi(\theta)} \cdot \sin(\phi(\theta))}{\frac{\sin(\phi(\theta))}{\phi(\theta)} \cdot \cos(\phi(\theta))} \\
&= \tan(\phi(\theta)) \quad \dots\dots (3)
\end{aligned}$$

$$\tan^{-1} \left[ \frac{S(\theta)}{C(\theta)} \right] = \phi(\theta) \quad \dots\dots (4)$$

【0035】 このように、例えば図2に示す形状の重み付け関数と図4に示す形状の重み付け関数を別々に用いて受信信号を重み付けし、それらにより得られた2つの重み付け受信信号どうしの比を求めることによって、受信ビームに対するターゲットの方位、すなわち、本発明という波動の伝播方向を求めることができる。

【0036】 次に、開口幅  $a$  と、超音波の波長  $\lambda$  と、1つの重み付け関数とで決まるビームプロファイルにより

$$A = \frac{C}{\left| \frac{\sin(2\phi(\theta))}{2\phi(\theta)} \right|} \quad \dots\dots (5)$$

【0040】 となる。この(5)式に、図2に示す重み付け関数で重み付け処理をして得られた重み付け受信信号の振幅  $C$  と、(1)式と(2)式との比を求めることにより得られたターゲットの方位  $\theta$  をあわす関数  $\phi(\theta)$  を代入すると、ターゲットの反射強度  $A$  を求めることができる。このようにして、(4)式によるターゲットの方位  $\theta$  と、(5)式によるターゲットの反射強度  $A$  との双方を求めることができる。

【0041】 そこで、これらターゲットの方位  $\theta$  と反射強度  $A$  を、ビームプロファイルをあらわす関数(ここでは、(1)式の  $\text{sinc}$  関数  $C(\theta)$ ) よりも細いビームプロファイルを達成する関数  $g(\theta, A)$  に代入することにより、図2に示すような重み付け関数を用いて重

規定される分解能よりも高い分解能を得る方法について説明する。

【0037】 図6は、高い分解能を得る方法の説明図である。

【0038】 (1)式を変形すると、

【0039】

【数4】

み付け処理することにより得られるビームプロファイル  $C(\theta)$  よりも径の細いビームプロファイル  $g(\theta, A)$  で受信したときの受信信号と等価な信号を得ることができる。

【0042】 例えば、関数  $g(\theta, A)$  として、下記(6)式に示す関数を採用すると、(1)式に示すビームプロファイル  $C(\theta)$  の半分の径のビームプロファイルを得ることができ、換言すると2倍の分解能を得ることができる。

【0043】

【数5】

$$g(\theta, A) = A \cdot \frac{\sin(4\phi(\theta))}{4\phi(\theta)}$$

$$\phi(\theta) = \frac{\pi a}{2\lambda} \cdot \sin(\theta) \quad \dots\dots (6)$$

【0044】超音波診断装置では、従来より、超音波の送信タイミングから受信タイミングまでの時間間隔により、ターゲットの、開口からの距離を知ることができ、また、本実施形態によれば1回の超音波送受信によってターゲットの方位を知ることができ、したがって十分な振幅の受信信号が得られる限りにおいてターゲットの方位のみでなく、被検体内のターゲットの位置を同定することができる。したがって超音波ビームを実際に送受信することにより得られた受信信号に基づいて、演算処理により、その超音波ビームを実際に送受信した開口とは少しずれた開口、例えば隣接する2つの開口の中間に位置する開口で超音波ビームを送受信したときの受信信号に相当する補間信号を得ることも可能である。このような補間信号を生成することにより、分解能を犠牲にすることなく、走査に要する時間を短縮してフレームレートを向上させることができる。

【0045】以下、各種の重み付け関数対について例示する。

【0046】図7は、重み付け関数対の第1例を示す図である。

【0047】図7は、図2～図5を参照して説明したときの重み付け関数対であり、図7(a)は、開口の中央を境に左右対称な矩形の偶関数の重み付け関数であり、図7(b)は、左右で符号を反転させた奇関数の重み付け関数であり、それぞれで得られた受信信号の比を取ることによって、ビーム方向に対するターゲットの方位に依存する値を得ることができる。

【0048】尚、ビームを形成する開口に2つの重み付け関数を与えるについては、2つの重み付け関数を送信開口に与えても受信開口に与えても基本的には同じ効果を得ることができるが、送信開口に与えた場合は二回の超音波の送信が必要であるのに対し、受信開口に与える一回の超音波の送信で済むという長所がある。また送信側では高電圧を取り扱うため送信開口に与えるのは受信開口に与えるよりも技術的にかなり大変であり、さらに送信開口に与えると、被検体内で超音波が乱されるためその効果が減殺される結果となる。したがってフレームレートを向上させる観点、技術上の観点、およびその効果の程度の観点のいずれからでも受信開口に2つの重み付け関数を与える方が好ましい。

【0049】図8は、重み付け関数対の第2例を示す図である。

【0050】図8(a)は、開口の中央で最大となり開口の両端に向けて減少し開口の両端でゼロとなる三角形

関数であり、図8(b)は開口の中央を境に左右で符号の異なる矩形関数である。図8(b)は、図8(a)を一階微分した形状になっている。

【0051】前述したように、超音波の開口の重み付け関数と、それによる遠距離（もしくは焦点付近）におけるビームプロファイル関数は、互いにフーリエ変換対となる関係にあることが知られている。そこで、図8

(a)の重み付け関数を $f(x)$ とした場合、それによるビームプロファイル関数は $f(x)$ をフーリエ変換した $F(w)$ となる。ここで $w$ は、ターゲットのビーム方向に対する変位である。また、関数 $f(x)$ を一階微分した関数 $f'(x)$ のフーリエ変換は $jw \cdot F(w)$

( $j$ は、虚数単位)で与えられることが知られているため、図8(b)のビームプロファイル関数は $jw \cdot F(w)$ で与えられる。したがって、図8(b)による受信信号と図8(a)による受信信号の比を求めることにより、変位 $w$ を直接求めることができる。

【0052】図9は、重み付け関数対の第3例を示す図である。

【0053】図9(a)と図9(b)の関係は、第2の例と同様に、図9(b)は、図9(a)を一階微分した形状になっている。図9(a)の好適な関数として、ガウス関数、レイズドコサイン、オフセットレイズドコサイン等が挙げられる。

【0054】図10は、重み付け関数対の第4例を示す図である。

【0055】図10(a)と図10(b)の関係は、図10(b)は、図10(a)を二階微分した形状になっている。図10(b)のビームプロファイルは関数 $w^2 \cdot F(w)$ で与えられる。したがって、図10(b)による受信信号と図10(a)による受信信号の比を求めることにより、 $w^2$ が求まりその平方根を求めることによって変位 $w$ を求めることができる。

【0056】図11は、本発明の超音波診断装置の第1実施形態を示すブロック図である。この実施形態は開口幅と超音波の波長と重み付け関数とで決まるビームプロファイルによる分解能よりも高い分解能を得る具体的回路構成を示すものである。ここでは、図示および説明の簡単のため、この図11、および後述する実施形態を示す各図には、配列された多数の超音波振動子のうち、1つの開口を構成する超音波振動子のみが示されている。

【0057】図示しない超音波送信回路により超音波振動子101から被検体内に向けて超音波が送信され、被検体内で反射した超音波はこれらの超音波振動子101

で受信される。超音波振動子101で得られた超音波信号は、2系統に分けられ、それぞれ各重み付け回路102\_\_1, 102\_\_2において、重み付け関数対を構成する各重み付け関数に従って振幅調整される。振幅調整された受信信号は、各ビームフォーマ103\_\_1, 103\_\_2によりそれぞれ超音波信号の整相加算が行なわれ、その後、各検波回路104\_\_1, 104\_\_2においてそれぞれ包絡線検波されることにより、走査線信号Cと走査線信号Sを得る。これらの走査線信号対はターゲットの変位および反射強度を検出する変位・強度検出回路105において変位wと反射強度Aが求められ、ビームプロファイル変換回路106により径の細いビームプロファイル関数に従う新たな走査線信号を得る。この新たな走査線信号はDSC (Digital Scan Converter) 107に入力され走査線間の補間が行なわれてCRT108で表示される。

【0058】図12は、本発明の超音波診断装置の第2実施形態を示すブロック図である。図11に示す第1実施形態との相違点について説明する。

【0059】この図12に示す実施形態では、変位・強度検出回路105の前段側にDSC107\_\_1, 107\_\_2が配置され、それらのDSC107\_\_1, 107\_\_2によりそれぞれ走査線補間が行なわれた後の信号に基いてターゲットの変位および反射強度が検出される。

【0060】この実施形態は、図7に重み付け関数対を使用する時に好適な回路構成を示すものである。

【0061】図13は、本発明の超音波診断装置の第3実施形態の部分ブロック図である。

【0062】配列された超音波振動子101のうち、上半分に配列された超音波振動子で得られた超音波信号はビームフォーマ103aに入力されて整相加算され、下半分に配列された超音波振動子で得られた超音波信号はビームフォーマ103bに入力されて整相加算される。

【0063】ビームフォーマ103aで整相加算された後の受信信号は信号反転回路109により反転された後加算器110\_\_1に入力される。また、このビームフォーマ103aで整相加算された後の受信信号は、そのままもう1つの加算器110\_\_2に入力される。さらに、もう1つのビームフォーマ103bで整相加算された後の受信信号は、そのまま、2つの加算器110\_\_1, 110\_\_2にそれぞれ入力される。2つの加算器110\_\_1, 110\_\_2では、それぞれに入力された各2つの受信信号が加算され、それぞれ各検波回路104\_\_1, 104\_\_2に入力される。その後の処理は、図11もしくは図12に示す実施形態の場合と同様である。

【0064】ここで、図13に示す2つのビームフォーマ103a, 103bは、配列された超音波振動子101の上半分、下半分に対応しており、したがって回路規模としては、それら双方のビームフォーマ103a, 103bを合わせたものが、図11もしくは図12に示す

2系統のビームフォーマ103\_\_1, 103\_\_2のうちの1つ分に相当する。

【0065】したがってこの実施形態の場合、ビームフォーマを2系統分用意する必要がなく、図11ないし図12に示す実施形態と比べ大幅なコストダウンが実現できる。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来できなかった、任意の位置における所定開口による一回の受信でターゲット（超音波反射体）の方位ないし変位を検出することができ、更に、従来よりも、高い分解能を得たり、実際に受信していない開口に対応する受信信号に相当する信号を演算処理により生成することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の超音波診断装置の原理説明図である。

【図2】重み付け関数の一例を示す図である。

【図3】図2に示す重み付け関数を用いたときのビームプロファイルを示す図である。

【図4】重み付け関数のもう1つの例を示す図である。

【図5】図4に示す重み付け関数を用いたときの受信ビームのビームプロファイルを示す図である。

【図6】高い分解能を得る方法の説明図である。

【図7】重み付け関数対の第1例を示す図である。

【図8】重み付け関数対の第2例を示す図である。

【図9】重み付け関数対の第3例を示す図である。

【図10】重み付け関数対の第4例を示す図である。

【図11】本発明の超音波診断装置の第1実施形態を示すブロック図である。

【図12】本発明の超音波診断装置の第2実施形態を示すブロック図である。

【図13】本発明の超音波診断装置の第3実施形態の部分ブロック図である。

【図14】超音波診断装置を用いて、被検体内のある一点にターゲット（超音波反射体）が存在する場合のそのターゲットの像を得る様子を示す模式図である。

【符号の説明】

- 1 超音波振動子
- 11 受信部
- 21 重み付け処理部
- 31 演算部
- 41 画像表示部
- 101 超音波振動子
- 102\_\_1, 102\_\_2 重み付け回路
- 103\_\_1, 103\_\_2, 103a, 103b ビームフォーマ
- 104\_\_1, 104\_\_2 検波回路
- 105 変位・強度検出回路
- 106 ビームプロファイル変換回路
- 107, 107\_\_1, 107\_\_2 DSC

108 CRT

109 信号反転回路

110\_1, 110\_2 加算器

【手続補正2】

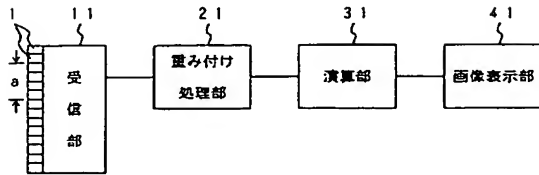
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

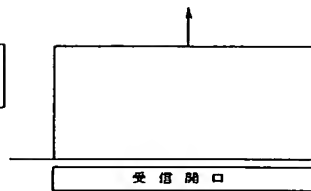
【補正方法】変更

【補正内容】

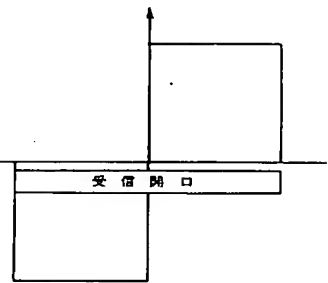
【図1】



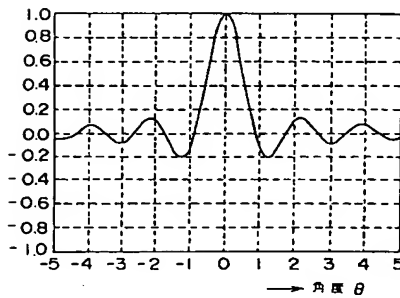
【図2】



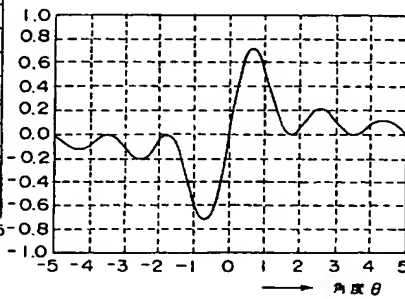
【図4】



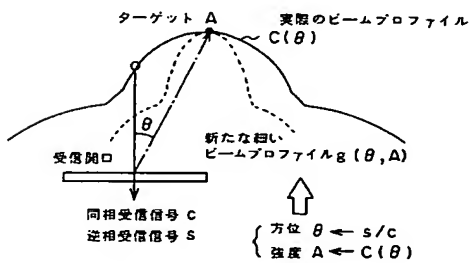
【図3】



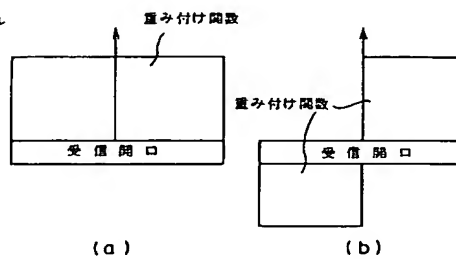
【図5】



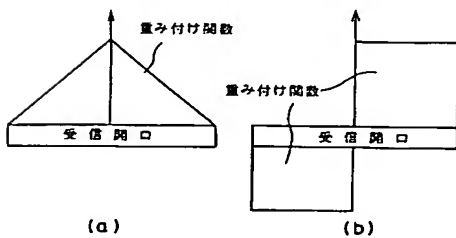
【図6】



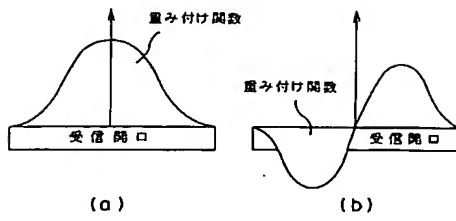
【図7】



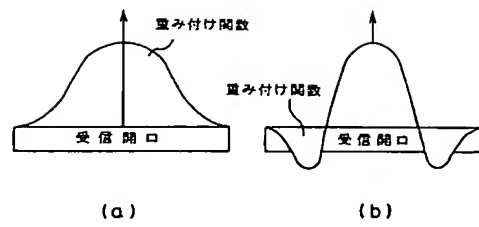
【図8】



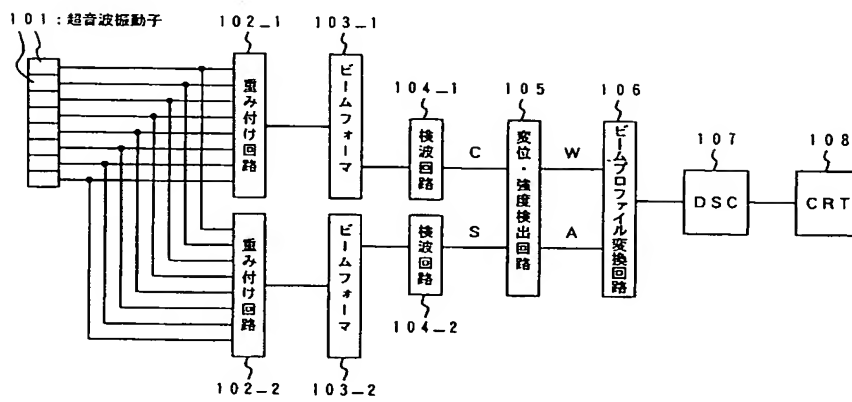
【図 9】



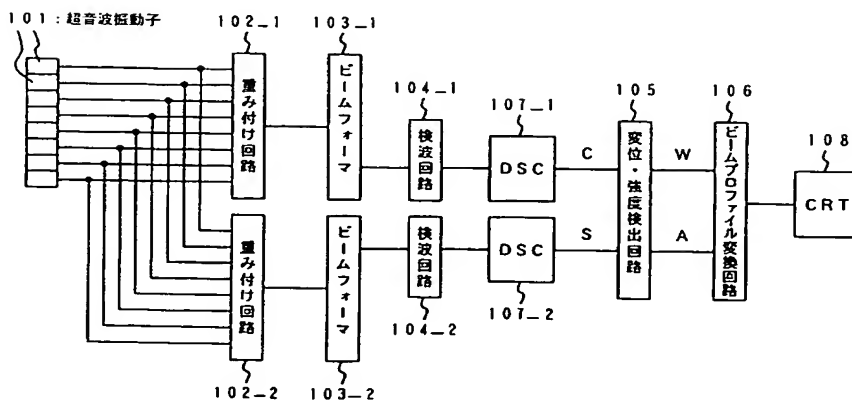
【図 10】



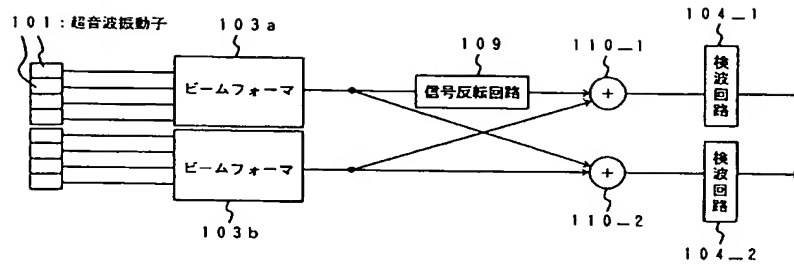
【図 11】



【図 12】



【図13】



【図14】

